

E  
F P  
L P E D

# Cambios en la función visual debidos al envejecimiento II

P E C F D  
E D F C Z P  
D E F P O T E C

Profesora M<sup>a</sup> Cinta Puell Marín  
Máster Optometría y Visión



UNIVERSIDAD COMPLUTENSE  
MADRID



# Índice

- Agudeza visual
- Sensibilidad al contraste
- Deslumbramiento

# Funciones visuales relevantes para la movilidad

## ■ Caminar (especialmente de noche)

- Sensibilidad al contraste
- AV baja luminancia
- Estereopsis



## ■ Conducir

- AV bajo contraste con deslumbramiento
- Recuperación del deslumbramiento
- Campo de atención visual



**Pero no olvidarse de la AV**



# Agudeza visual y envejecimiento

- Resolución espacial o agudeza visual
- La resolución depende de:
  - La calidad óptica de la imagen formada en retina
  - La integridad de la retina y capacidad neuronal



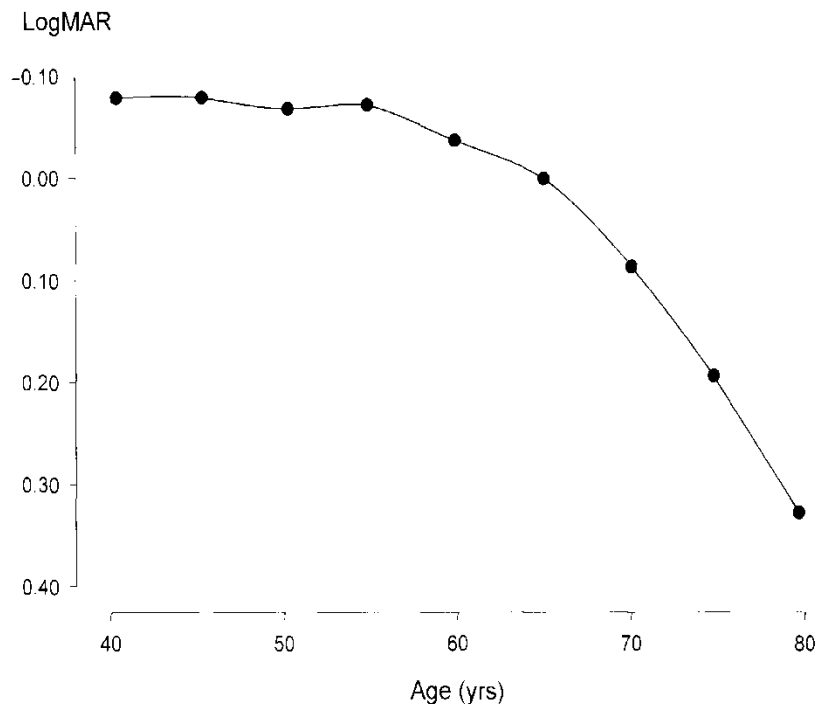
# Factores que afectan a la agudeza visual del mayor

- Cambios anatómicos en la vía retinocortical
- Edad
- Tamaño pupilar
- Iluminación retiniana
- Error refractivo
- Patología Ocular
- Luminancia y contraste del test
- Criterio de respuesta

# Cambios anatómicos en la vía retinocortical

- Con la edad
  - Pérdida de fotorreceptores. Los bastones degeneran antes que los conos
  - Variabilidad interindividual en la densidad de conos foveales. Difícil saber si la pérdida de conos realmente afecta a la AV
  - Disminución en la cantidad de fotopigmentos
- Retina de 75 años. Degeneración vesicular de los segmentos externos de los conos y efectos nocivos luz azul
- Degeneración a otros niveles de la vía visual
  - A los 70 años el nervio óptico ha perdido aproximadamente el 25% de sus axones (5.630 axones por año)

# Edad y AV de alto contraste



- Disminuye con el envejecimiento normal
- Relativamente estable hasta alrededor de los 50 años
- Hasta el final de los 60 años incluso 70 se mantiene buena AV y luego disminuye
- Cristalino: pérdida de transparencia y difusión de luz
- Retina: degeneración celular

## Comparación de **AV corregida** en función de la **edad**

Edad	* Sujetos no seleccionados (4.926) % con <b>AV 20/20</b>	Edad	** Sujetos sin patología ocular AV media
43-54	99,2%	45-49	20/14 (logMAR -0,12)
55-64	99,2%	50-59	20/16 (logMAR -0,10)
65-74	95,05%	60-69	20/18 (logMAR -0,06)
>74	78,9%	>69	<b>20/20</b> (logMAR 0,00)

\* Beaver Dam Study (Klein et al., 1991)

\*\*Elliot et al., 1995





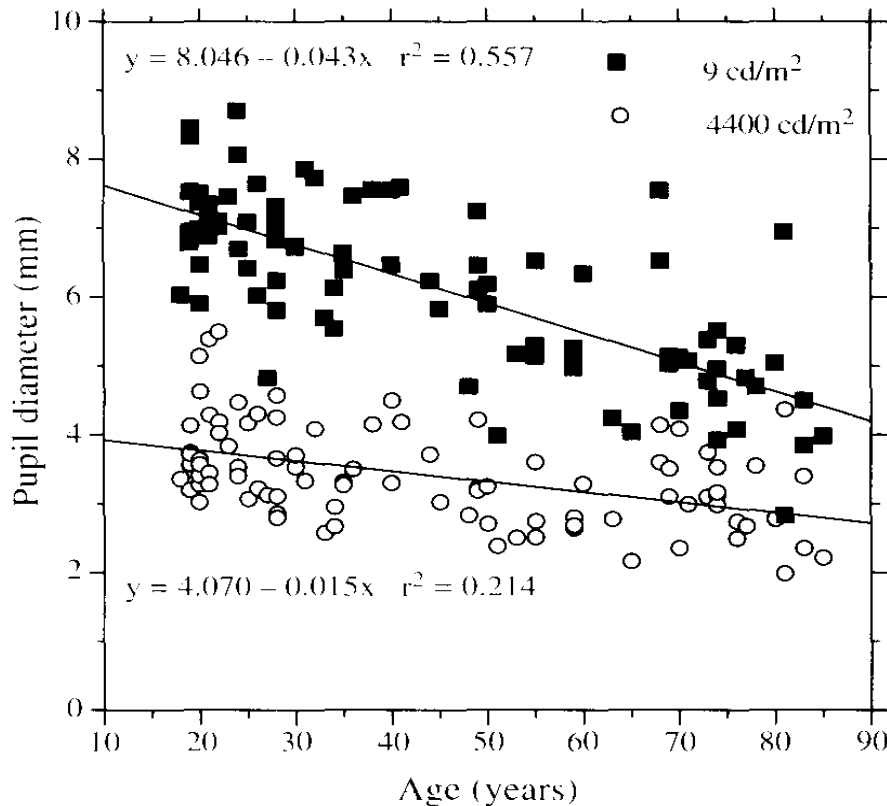
# Tamaño pupilar

- Al aumentar la edad disminuye:
  - El tamaño pupilar (miosis senil)
  - La velocidad de las reacciones pupilares
  - La variación en el diámetro pupilar con cambios en la luminancia
- Repercusión en la AV

# Tamaño pupilar

<b>Edad</b>	<b>Día (mm)</b>	<b>Noche (mm)</b>	<b>Dif (mm)</b>
20	4.7	8.0	3.3
30	4.3	7.0	2.7
40	3.9	6.0	2.1
50	3.5	5.0	1.5
60	3.1	4.1	1.0
70	2.7	3.2	0.5
80	2.3	2.5	0.2

# Tamaño pupilar



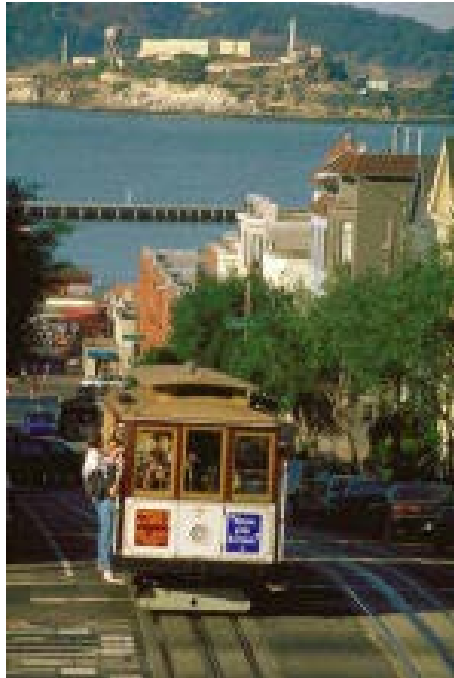
Winn et al. (1994)

- Luminancia de 9 cd/m<sup>2</sup>  
el diámetro pupilar disminuye un 25% desde los 20 a los 60 años
- Corresponde a una pérdida de luz en la retina de más de un 43% a niveles bajos de luz

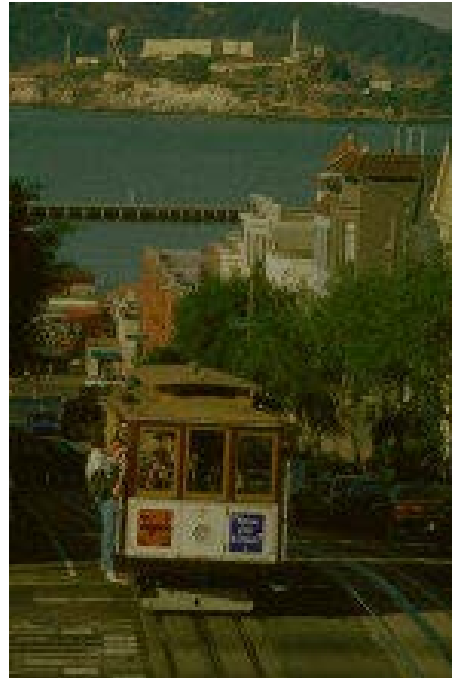
# Iluminación retiniana

- La AV y la sensibilidad al contraste disminuyen con la iluminación retiniana
- La iluminación retiniana disminuye con la edad debido a:
  - Reducción del **diámetro pupilar**
    - particularmente a niveles bajos de luz
  - Disminución en la **transmitancia** ocular del **cristalino**
    - 25% entre las edades de 20 y 60 años (558 nm)
  - Si se **combinan** ambos factores
    - 60% de reducción en la iluminación retiniana, a niveles de bajos de luz, entre los 20 y 60 años
    - Repercusión en la AV

# Iluminación retiniana



20 años



60 años



78 años

# Iluminación retiniana

- Aunque el menor tamaño pupilar reduce la iluminación retiniana hay algunas ventajas para la AV:
  - Reducción de las aberraciones ópticas
  - Disminución del círculo de difusión
  - Incremento de la profundidad de foco
- Aunque el objeto este desenfocado debido a la presbicia se puede mantener cierto grado de definición de la imagen
- Pero la resolución depende de la calidad óptica y del procesamiento neuronal

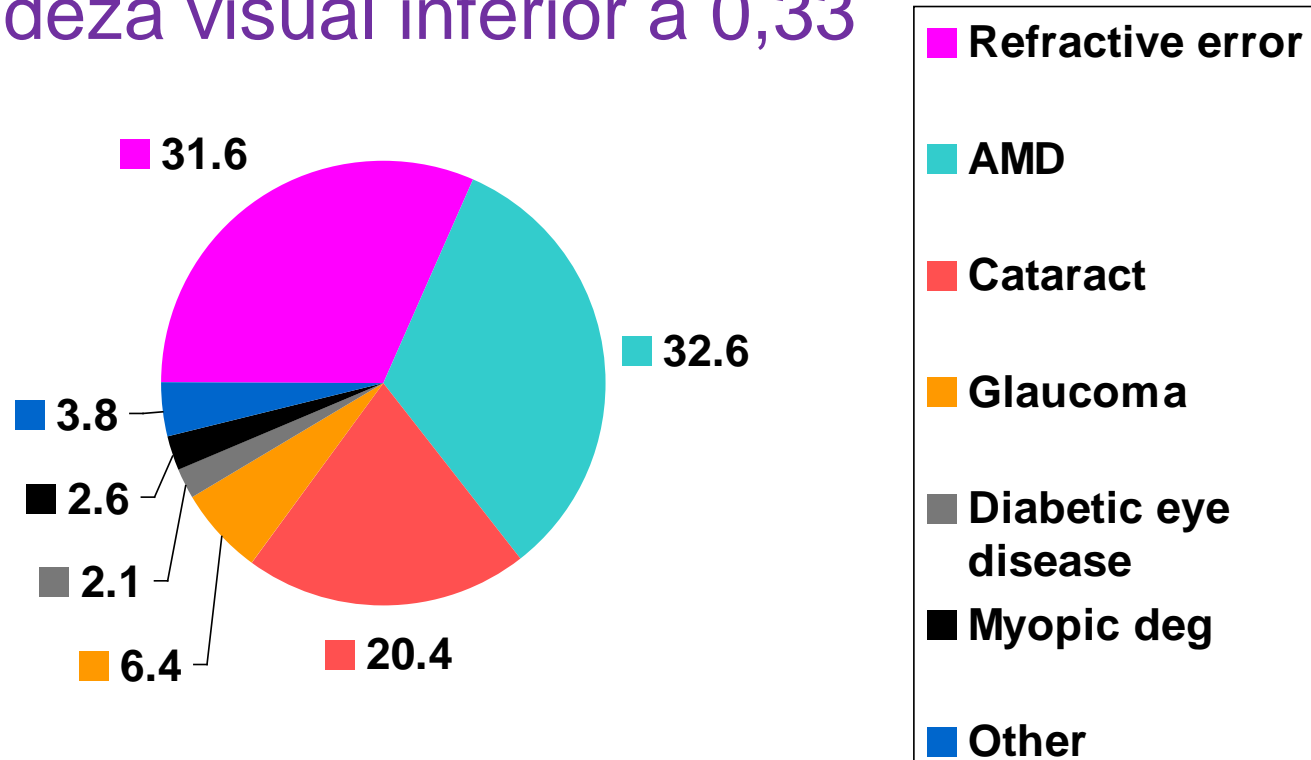
# Disminución del círculo de difusión

- La disminución del círculo de difusión puede dificultar la refracción subjetiva en pacientes ancianos
- Menor sensibilidad a los cambios en las lentes
  - cambios de 0,50 D en lugar de 0,25 D
  - Debido a cambios en el tamaño pupilar y la óptica del ojo y no a la menor capacidad de observación del paciente

# Error refractivo

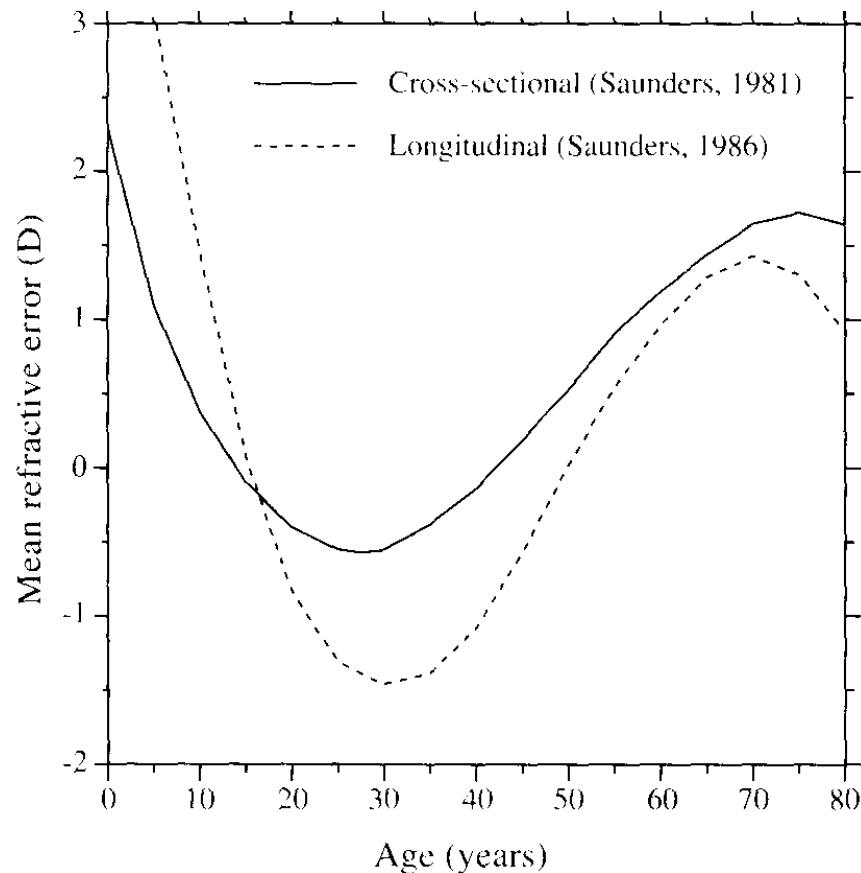
MRC Assessment Trial – edad 75+ – población general

Agudeza visual inferior a 0,33





# Error refractivo



- Variación con la edad del equivalente esférico
- Relativamente estable entre los 20 y 40 años
- Después, desplazamiento en la dirección hipermetrópica
- Después de los 70 años, algún desplazamiento en la dirección miópica asociado al desarrollo de una catarata nuclear
- El error refractivo sin corregir afecta a la AV



# Patología Ocular

- Difícil diferenciar entre el efecto del envejecimiento y el de la patología ocular sobre la agudeza visual
- Alrededor del 50% de los mayores mantienen una AV casi normal
- Alrededor del 18% de los mayores de 65 años tiene discapacidad visual (AV menor de 0.33 en el mejor ojo).
- La prevalencia de la discapacidad visual aumenta en los octogenarios
  - 25 a 35% de la población de más de 85 años



# Luminancia y contraste del test

- La agudeza visual disminuye con
  - El nivel de luminancia del test
  - La cantidad de contraste
- La AV medida en condiciones de baja luminancia y bajo contraste
  - **disminuye a edades más tempranas** y de forma más marcada que la AV de alto contraste

# Edad

## AV para varias condiciones de contraste y luminancia

N=900 (58 - 102 años); Sin criterios de exclusión; AV con corrección habitual

Agudeza Visual	55-64	65-74	75-84	>84
<b>C. alto L. alta</b>	1.0	1.0	0.63	0.5
<b>C. bajo L. alta</b>	0.63	0.5	0.40	0.25
<b>C. bajo L. baja</b>	0.32	0.25	0.20	0.10
<b>C. bajo Deslumb</b>	0.32	0.25	0.16	<0.1

Hagerstrom-Portnoy et al., 1999 (valores LogMAR)

# Luminancia y contraste del test

- Las **condiciones de examen** tienen mayor impacto sobre la AV medida en adultos mayores que en adultos jóvenes
- Si el examen de AV se hace bajo condiciones de luminancia y/o contraste reducido
  - La AV de los adultos jóvenes puede no verse afectada
  - La AV de los adultos mayores puede estar reducida
    - reducción del tamaño pupilar
    - incremento de la absorción por los medios oculares
    - aumento de la difusión de luz
- Sí la luminancia y/o el contraste se incrementaran, sus medidas de agudeza podrían llegar a la normalidad



# Amontonamiento

- La separación de las letras sobre la carta de AV (amontonamiento) puede afectar la medida de AV de los adultos mayores si la interacción de los contornos se extiende sobre una área espacial amplia.
- La agudeza visual disminuye con el amontonamiento

# Criterio de respuesta

- Los mayores tienden a adoptar un **criterio de respuesta más conservador** que los jóvenes
  - Es fundamental que se les anime a continuar leyendo una carta de optotipos incluso cuando no están seguros de lo que ven
  - Usar un procedimiento de elección forzada
  - Permite detectar o discriminar estímulos menores que con métodos en los cuales el sujeto puede escoger no responder
- Muchos estudios que han informado de una disminución de visión asociada a la edad, pueden haber sobreestimado la cantidad de pérdida sensorial



# Limitaciones de la AV

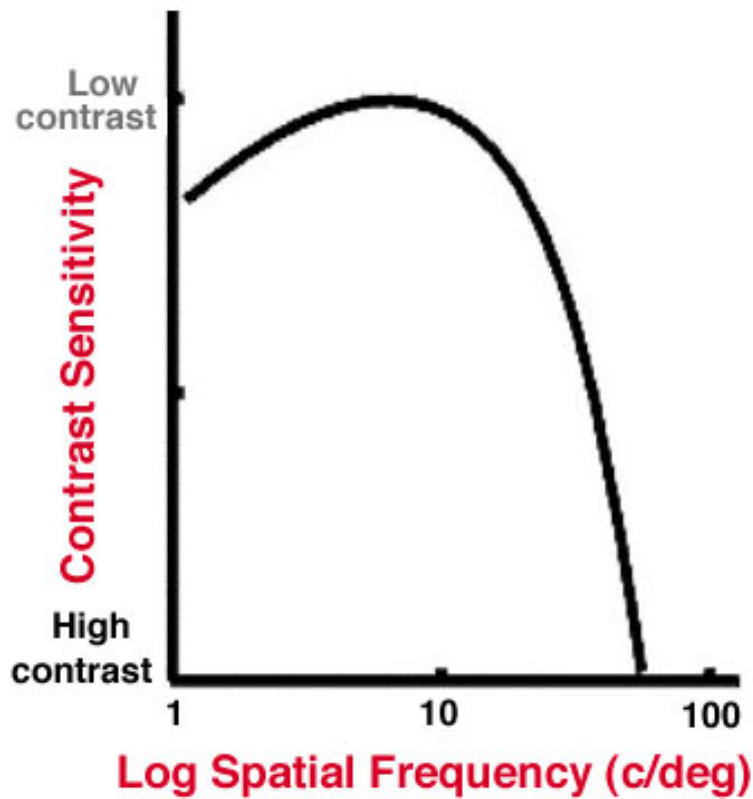
La agudeza visual es menos importante para las actividades diarias que la sensibilidad al contraste

- Los adultos mayores tienen dificultad para reconocer caras en niveles de iluminación bajo.
- Normalmente necesitan el doble de contraste, que los adultos más jóvenes, para detectar y discriminar caras.
- La **sensibilidad al contraste espacial** es un índice más sensible de la habilidad para discriminar objetos grandes.



# Sensibilidad al contraste espacial (CSF)

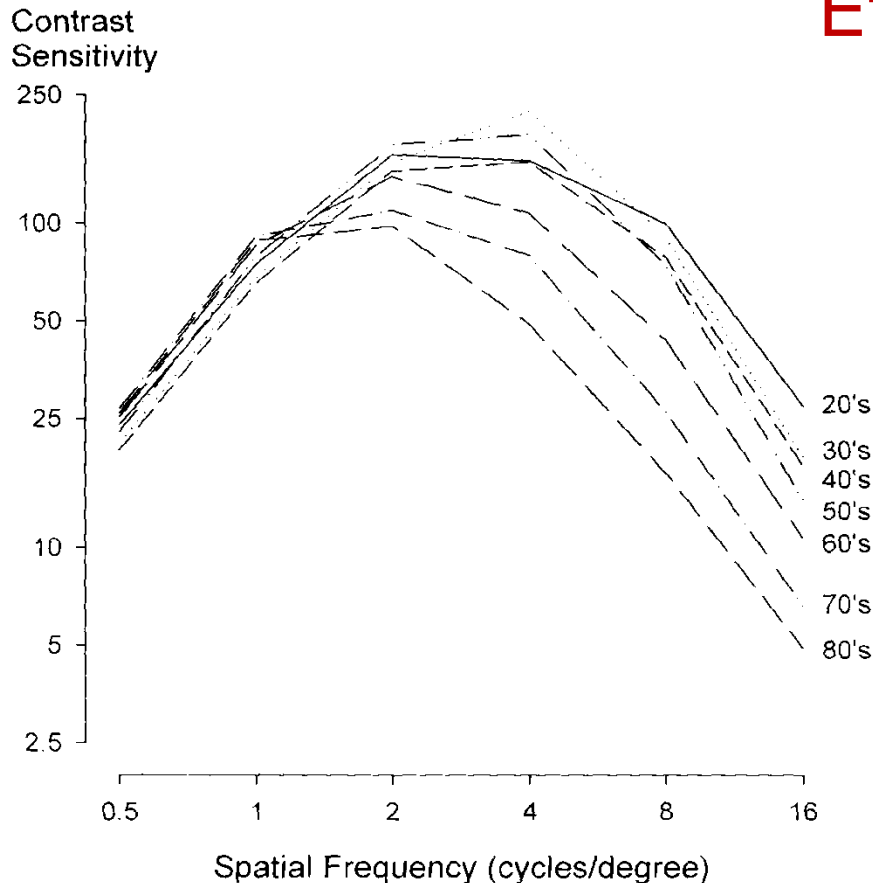
CSF total = CSF retinocortical x MTF del sistema óptico



El envejecimiento del sistema óptico y neuronal disminuye la sensibilidad al contraste a diferentes frecuencias espaciales

# Sensibilidad al contraste espacial

## Efecto de la edad



En el ojo sano envejecido la SC disminuye con más probabilidad en las frecuencias espaciales intermedias y altas.

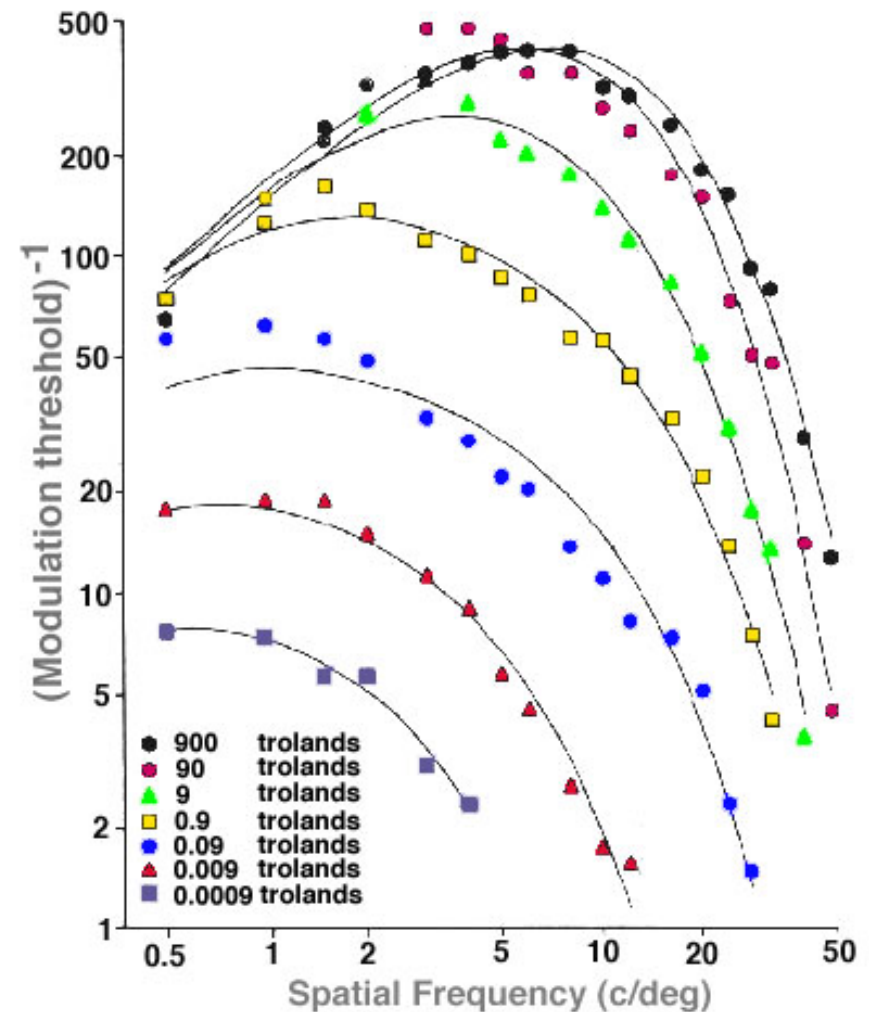
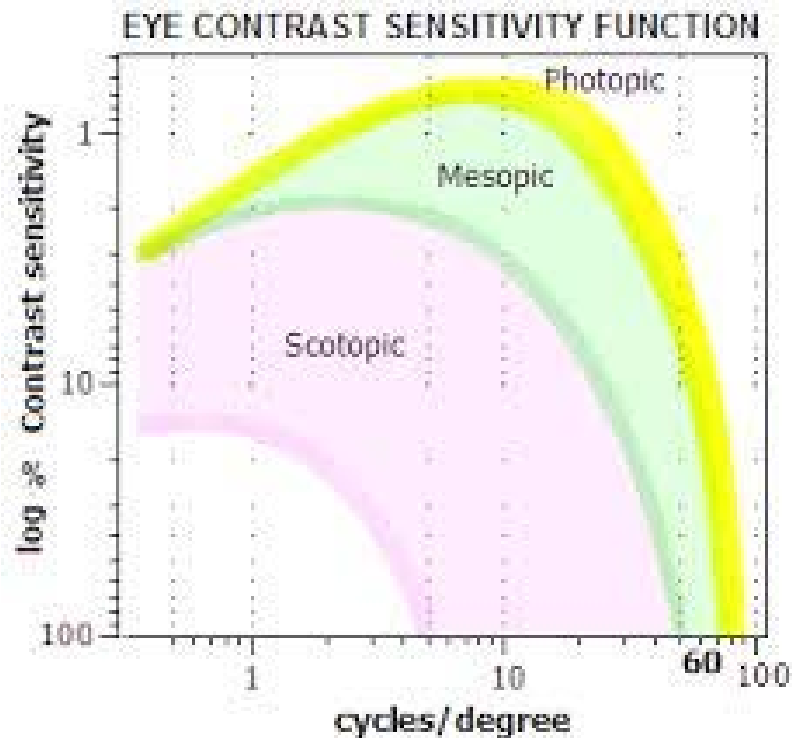
# CSF y Edad

- Causas ópticas de la pérdida de SC en las frecuencias espaciales altas:
  - ☐ Miosis
  - ☐ Absorción de luz **Menor iluminación en la retina**
  - ☐ Dispersión de luz
- Causas neuronales de la pérdida de SC en las frecuencias espaciales bajas:
  - ☐ Pérdida y/o contracción de células ganglionares

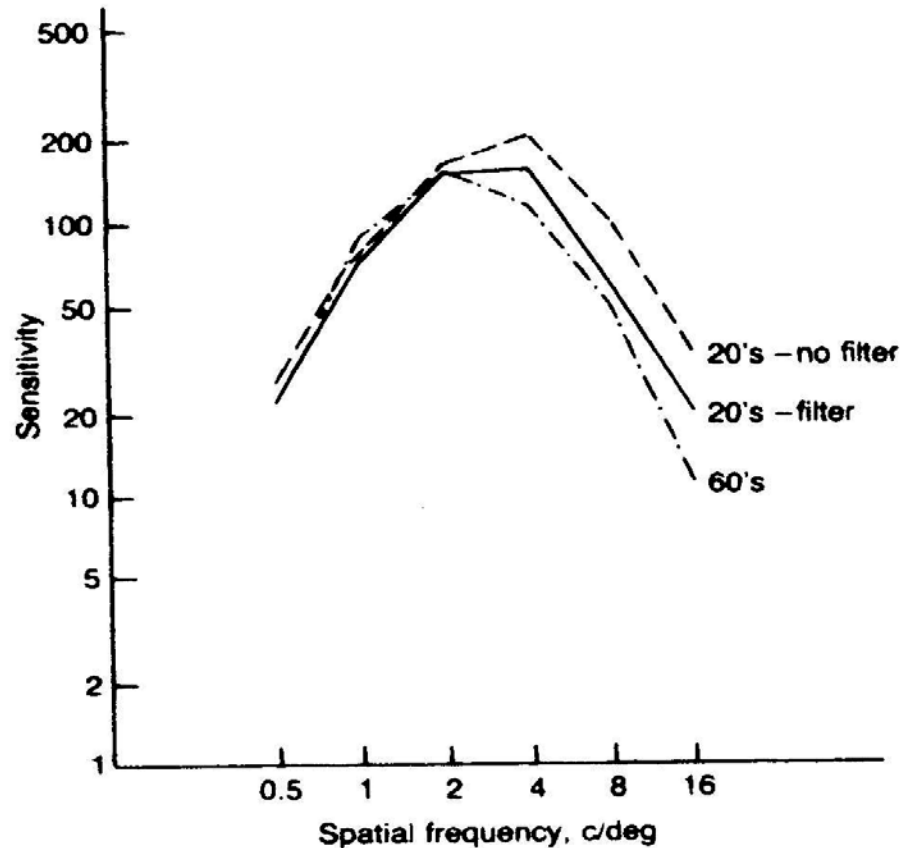
# CSF y edad

- Si la medida de SC se realiza bajo condiciones de luminancia reducida,
  - en adultos mayores, con menor iluminación retiniana, la disminución de SC será mayor que en los jóvenes
- Se podría compensar parcialmente la disminución de SC incrementando el nivel de iluminación en el examen

# CSF y luminancia



# CSF y edad



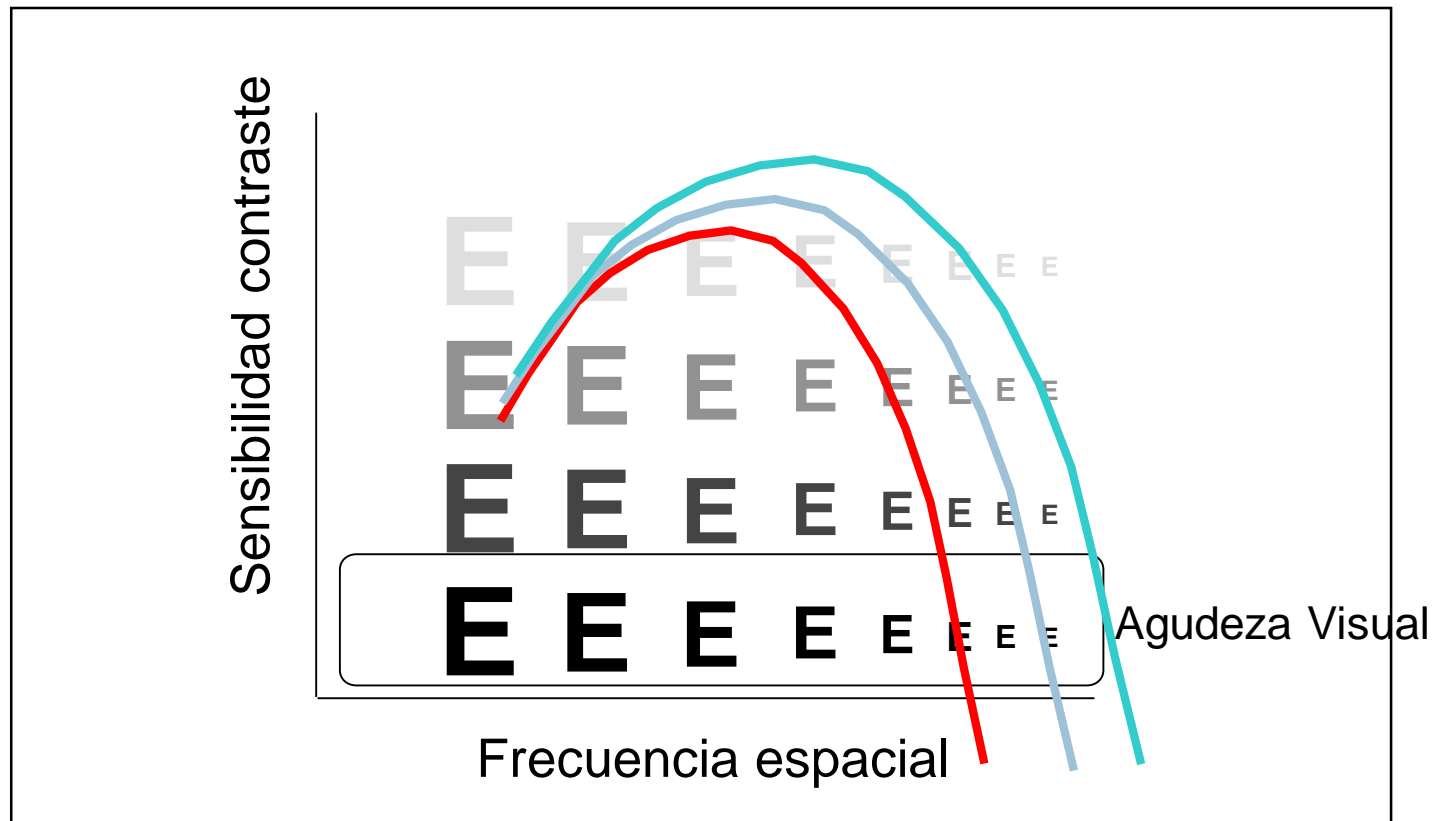
A los 60 años la iluminación retiniana disminuye aproximadamente 1/3

En sujetos de 20 años con filtro de densidad neutra (reduce luz 1/3) la SC disminuyó en frecuencias altas

Sin embargo, mayor disminución de SC a los 60 años que se atribuye tanto a factores ópticos como neuronales.

Owsley et al. (1983)

# CSF y desajustes refractivos en el adulto mayor



La SC disminuye a frecuencias espaciales altas debido al desenfoque

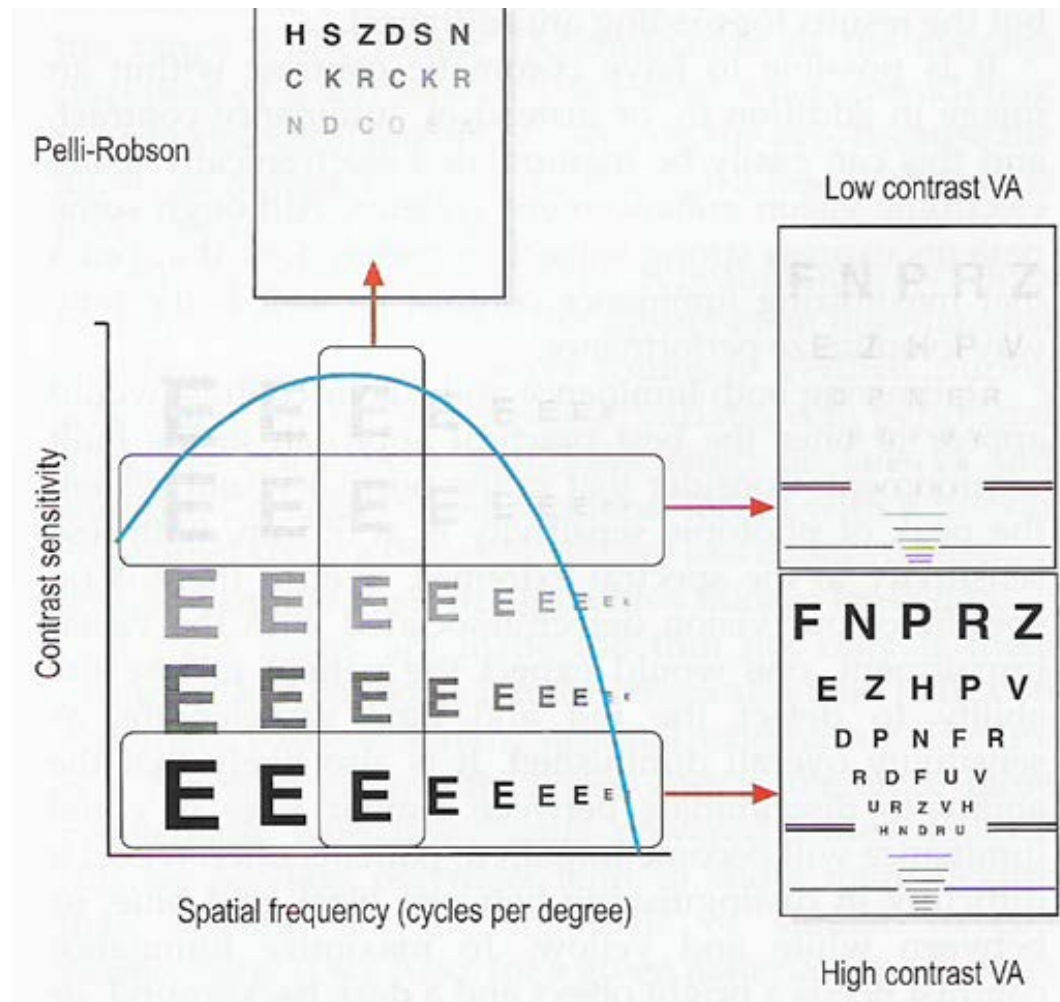
La tolerancia para el desenfoque es mayor para frecuencias bajas

# Relación de AV de alto y bajo contraste con la sensibilidad al contraste

## Test clínicos

Agudeza visual:  
frecuencia espacial alta

SC Pelli-Robson 1 m:  
frecuencia espacial baja



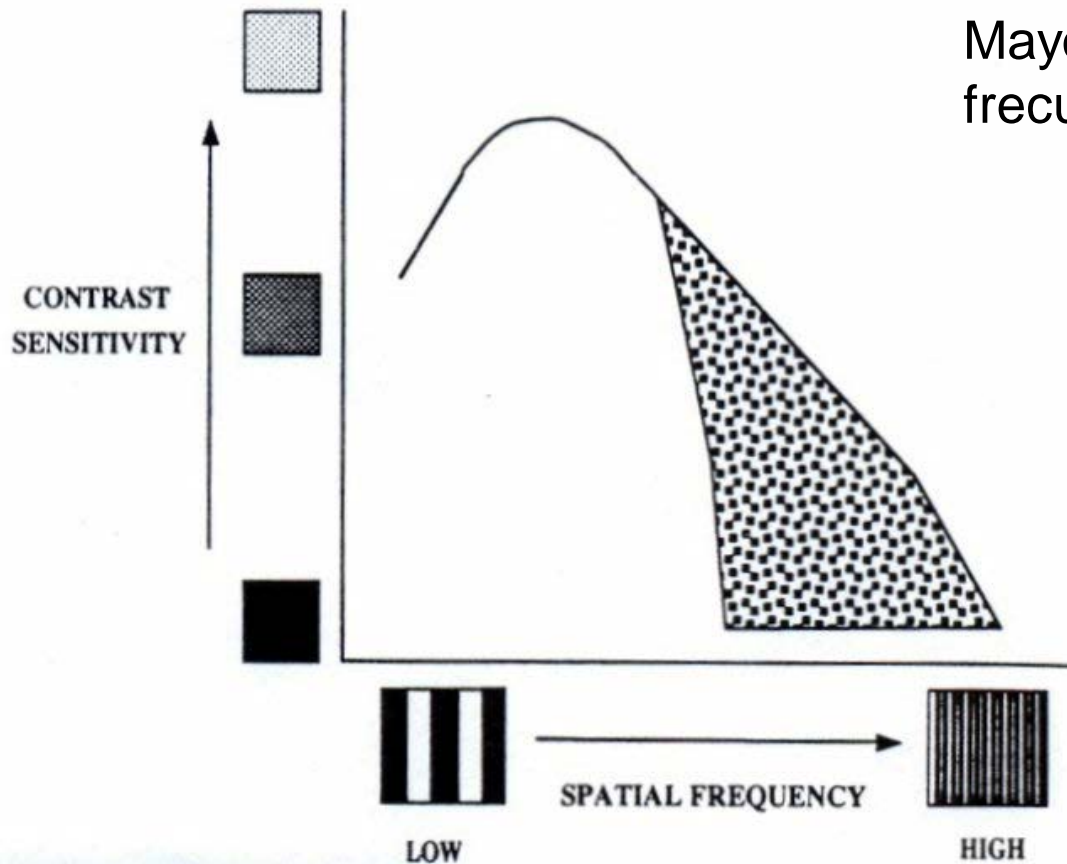


# Sensibilidad al contraste y patología ocular

## Pérdidas significativas de SC en determinadas frecuencias espaciales

- DMAE y retinopatía diabética
- Cataratas
  - ☐ Incipientes
  - ☐ Avanzadas
- Glaucoma

# CSF y patología ocular



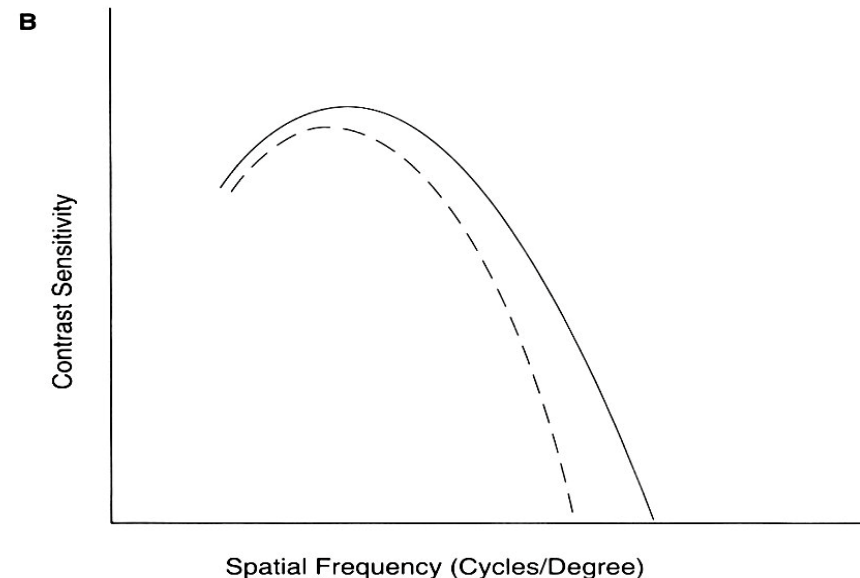
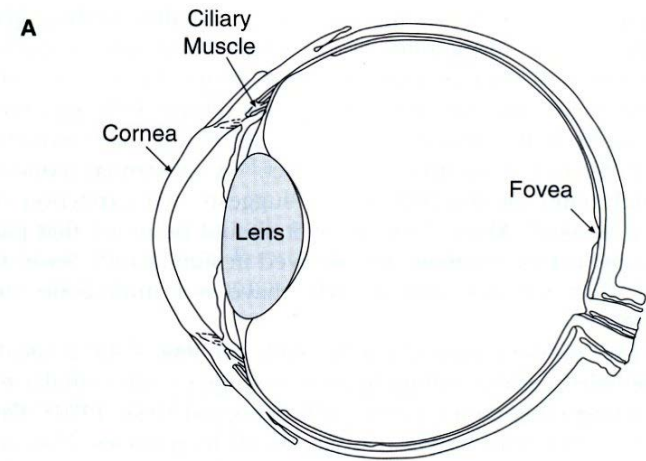
Mayor disminución de la SC a  
frecuencias espaciales altas:

DMAE

Retinopatía diabética

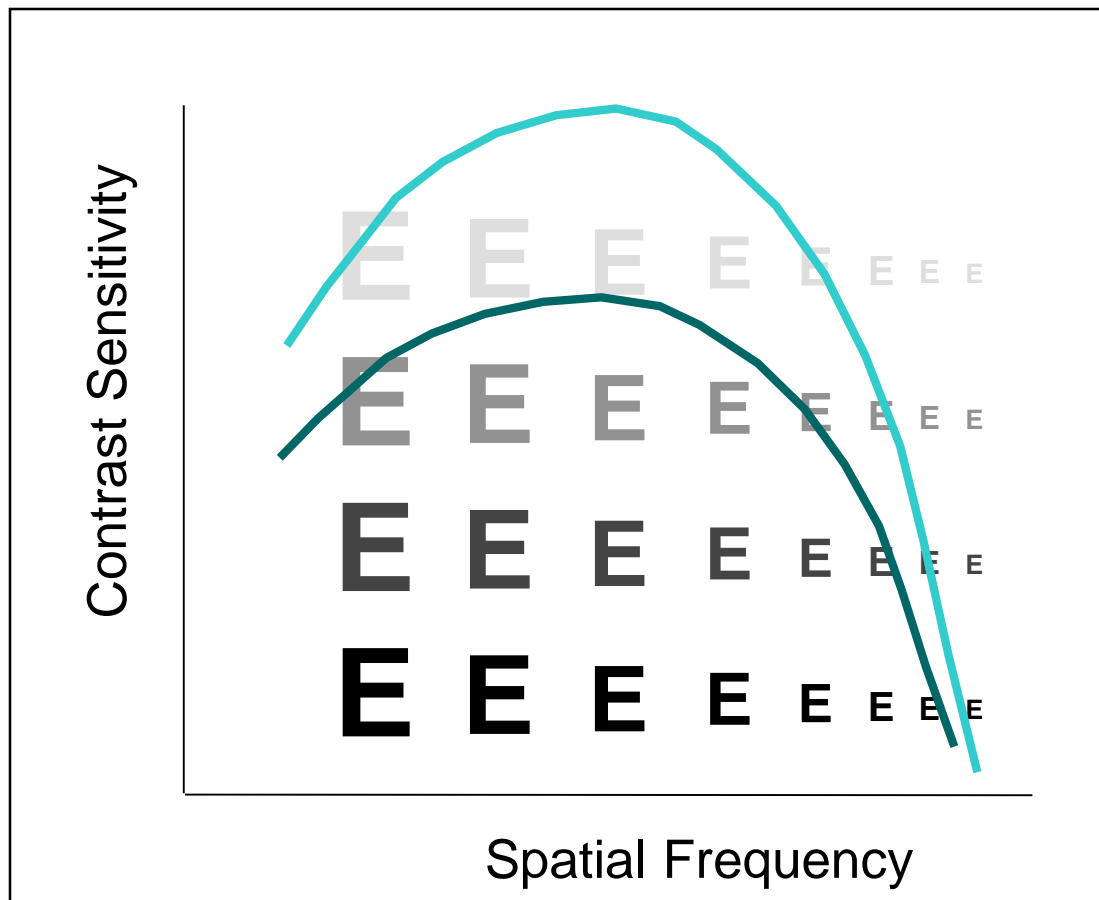
# CSF y cataratas

- La dispersión de luz reduce el contraste en la imagen retiniana
- Pacientes con cataratas incipientes y buena AV, con frecuencia se quejan de visión pobre, especialmente cuando hay poca luz y el contraste es bajo
- Reducción de la SC en todas las frecuencias espaciales

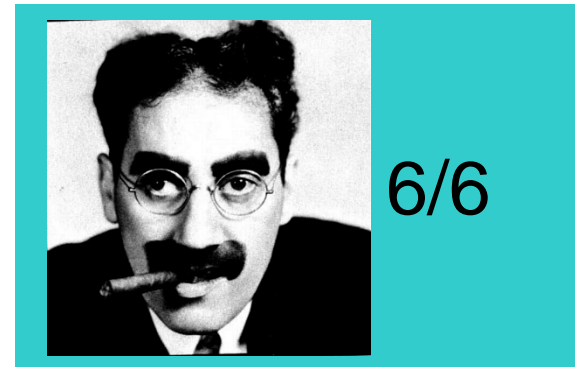


# CSF y glaucoma

Pérdida SC en frecuencias bajas



Causa neuronal



# CSF y patología ocular

- La reducción de la sensibilidad al contraste es un factor de riesgo significativo para las caídas.
- La movilidad puede ser problemática, especialmente para detectar bordillos y escaleras.
- Conducir de noche a menudo se vuelve difícil.
- Es posible que los pacientes
  - no puedan leer textos con poco contraste (envases de alimentos o folletos informativos)
  - tengan dificultades para cocinar y comer



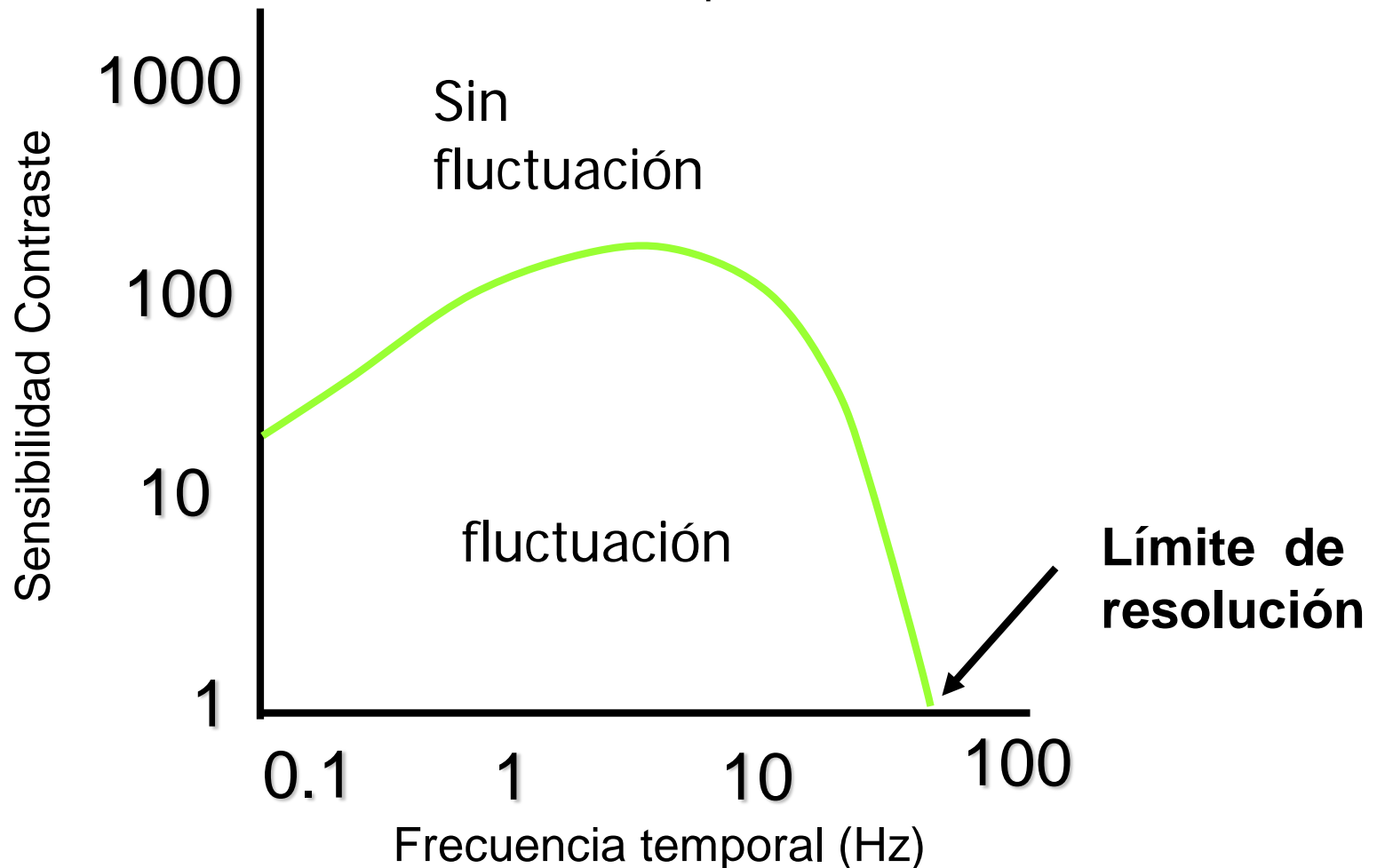
# Sensibilidad a los cambios **temporales** en el contraste

Habilidad del sistema visual para procesar los cambios temporales en la imagen retiniana

Función de sensibilidad al contraste temporal

# Sensibilidad al contraste temporal

Los estímulos que parpadean o fluctúan a **frecuencias intermedias** se detectan a menores niveles de contraste que otros estímulos





# Sensibilidad al contraste temporal

- El envejecimiento disminuye la sensibilidad a estímulos temporales
- Sobre todo a frecuencias temporales intermedias y altas
- La disminución del tamaño pupilar no explica la disminución
- Cambios en el funcionamiento de la vía magnocelular



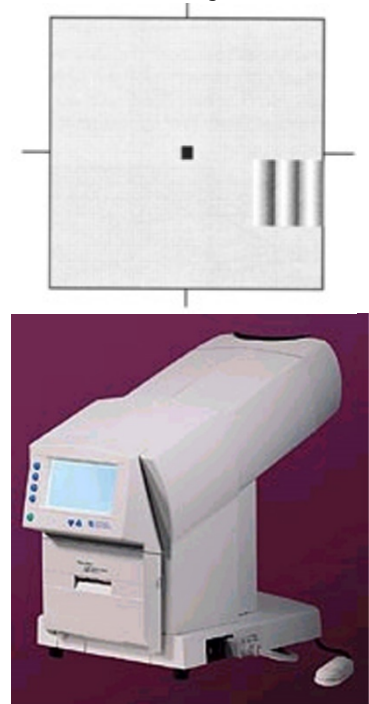
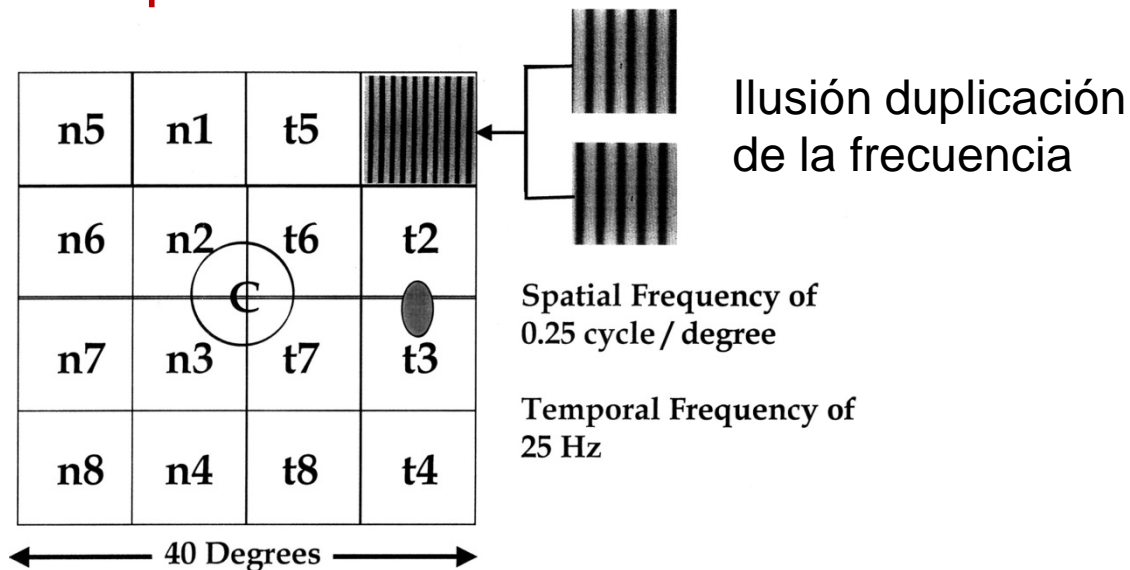
# Sensibilidad temporal en el mayor

- Los mayores juzgan peor la dirección de movimiento que los jóvenes
- Disminución de la sensibilidad al contraste espacial de test en movimiento
- Implicaciones en la vida diaria
  - Mayor dependencia de la información visual para mantener su equilibrio y prevenir las caídas.
- Atender a las necesidades de iluminación y contraste de los mayores puede contrarrestar algo sus problemas de movilidad y el riesgo de caídas

# CSF Temporal y Glaucoma

- Lesión de las fibras magno del nervio óptico
- El sistema magnocelular es sensible a estímulos modulados a una frecuencia temporal alta y frecuencia espacial baja

## Campo visual FDT





# Envejecimiento y alteraciones visuales por deslumbramiento

Cuando los mayores se quejan de deslumbramiento describen

- una disminución en la calidad de la visión debido a:
  - discapacidad por deslumbramiento
  - disminución de la sensibilidad al contraste
  - degradaciones de la imagen
- La mayoría de las quejas ocurren en condiciones de oscuridad.

# Deslumbramiento por adaptación a la luz

- La adaptación a la luz tiene lugar después de que la retina ha estado expuesta a una fuente de luz brillante que induce una post-imagen (escotoma)
- Causa retiniana
  - Blanqueamiento o agotamiento del fotorpigmento
- Incapacitante en pacientes con problemas maculares.
- Medida clínica del tiempo de recuperación al deslumbramiento

# Tiempo de recuperación al deslumbramiento

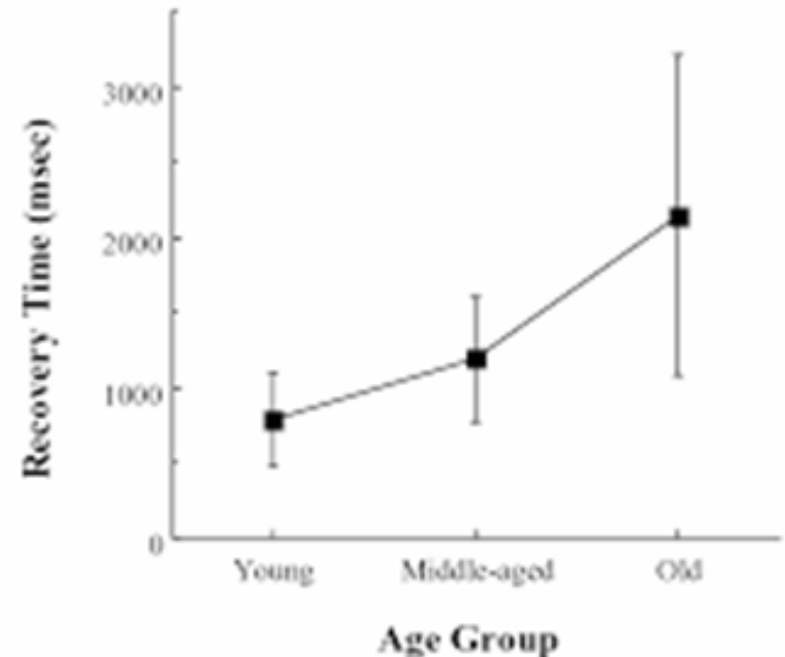
Período de tiempo necesario para que la mácula vuelva a su funcionamiento normal (leer los optotipos) después de haber estado expuesta a una fuente de deslumbramiento.

El tiempo de recuperación depende de:

La velocidad de regeneración de los fotorreceptores

Las relaciones funcionales entre los fotorreceptores, epitelio pigmentario de la retina (EPR) y coroides

El tiempo de recuperación al deslumbramiento aumenta con la edad



# Tiempo de recuperación al deslumbramiento

- Alteraciones del nervio óptico
  - Tiempo de recuperación normal
  - El proceso fotoquímico en los fotorreceptores no está alterado
- Enfermedades maculares
  - Tiempo de recuperación prolongado
- Causas
  - Cambios en la función del complejo coroides-EPR-fotorreceptor (transporte de vitamina A y otras moléculas)
  - Alteraciones en la integridad de la coriocapilar-pacientes con suministro vascular pobre como en la diabetes, hipertensión y obesidad.

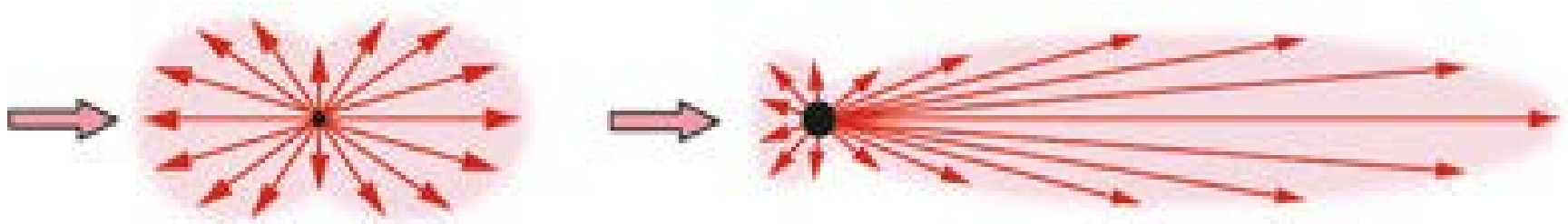
# Discapacidad por deslumbramiento

Reducción de la visión debida a la presencia de fuente de luz intensa



- Pérdida del contraste de la imagen retiniana debido a la **dispersión o difusión de la luz intraocular (hacia la retina)**
- Es independiente del sistema neuronal
- Importante para la movilidad y seguridad de las personas mayores
- Puede no causar molestias.

# Difusión o dispersión de luz intraocular

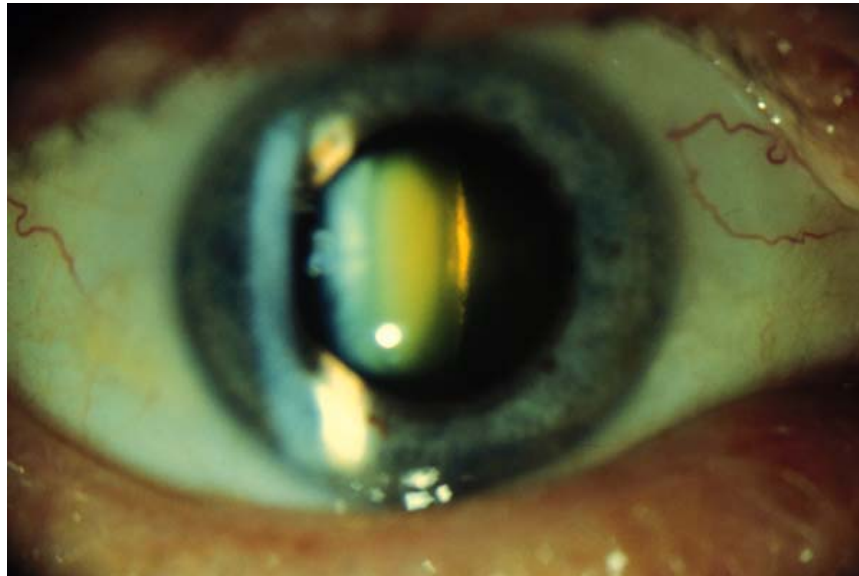


Dispersión en todas direcciones: **backward and forward scatter**      Dispersión en la dirección de la luz incidente: **forward scatter**



# Difusión de luz hacia atrás (backward light scatter)

La mayoría de las imágenes de la lámpara de hendidura resultan de la difusión de luz hacia atrás (backward light scatter)



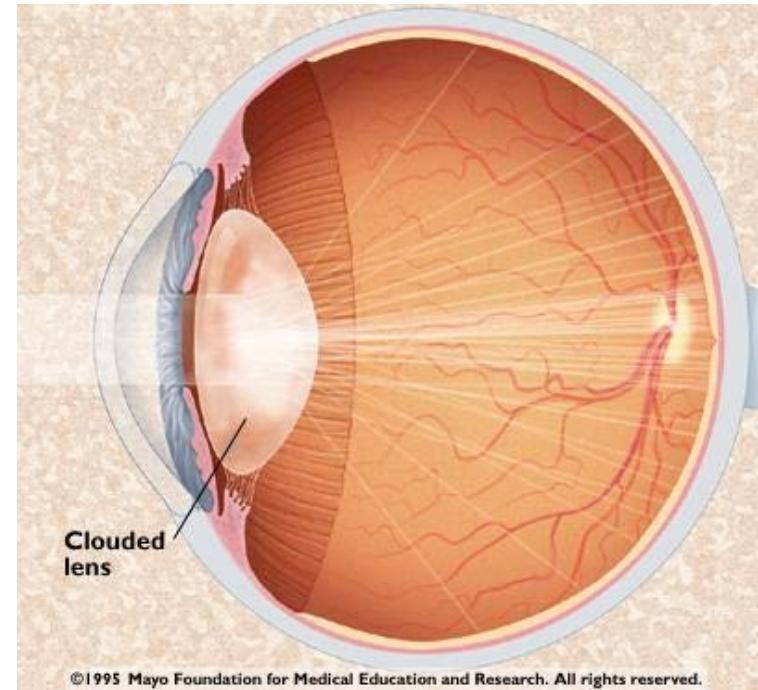
# Difusión de luz hacia la retina (forward scatter)

Cambios pequeños e irregulares en el **índice de refracción** de los medios oculares

**cristalino** —————> **cataratas**

Fluorescencia del cristalino  
convierte luz UV en luz azul

Irregularidades en las superficies  
oculares: úlceras, edema corneal,  
alteraciones corneales por la cirugía  
refractiva



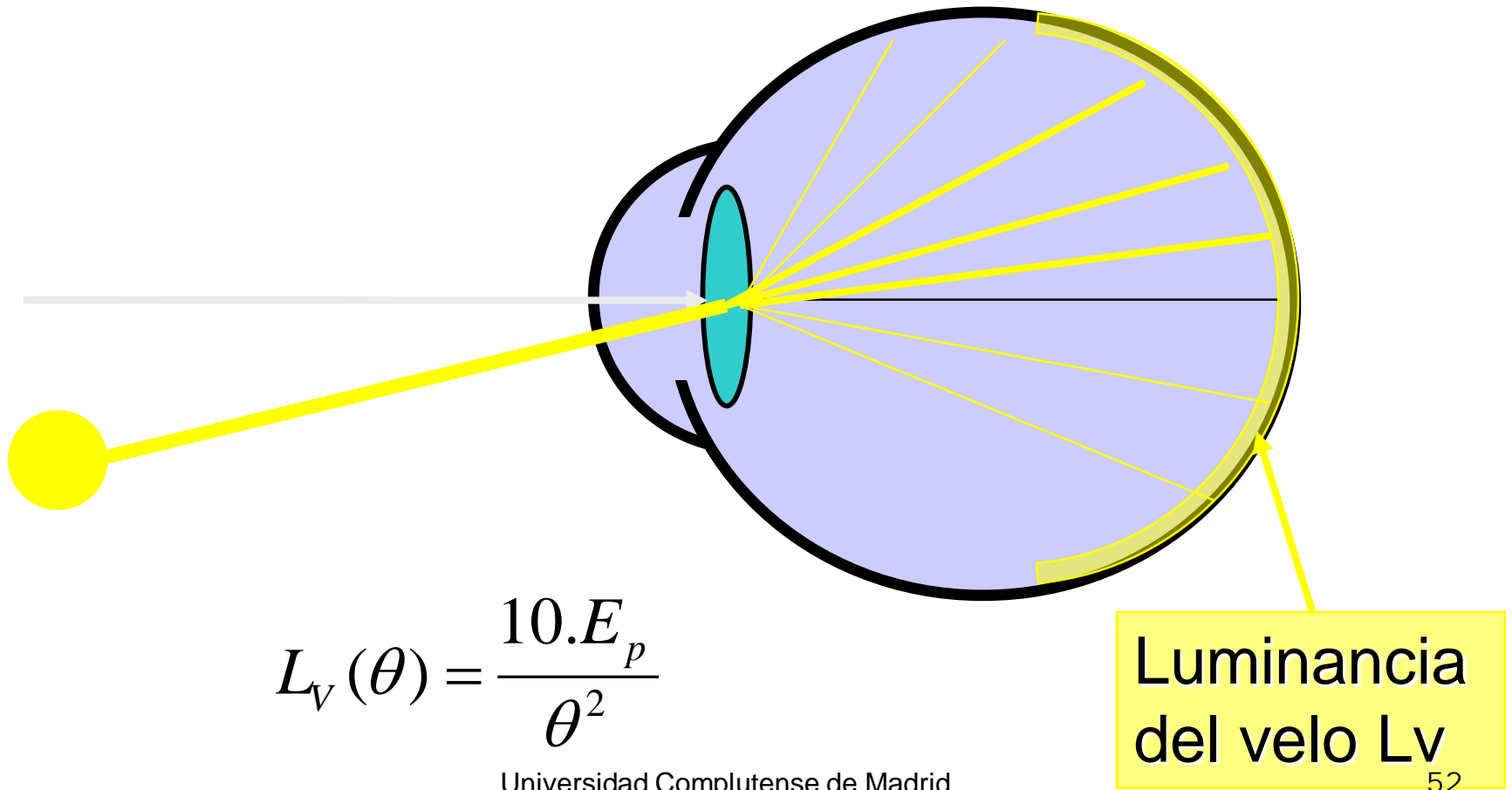
# Difusión de luz hacia delante (forward)

- Aumenta con la **edad** a partir de los **40-50 años**
- El cristalino desarrolla un número creciente de sitios de difusión conforme se hace menos transparente.
- Catarata: principal causa de difusión de luz



Quejas de deslumbramiento

# Efecto de la difusión de luz en la calidad de la imagen

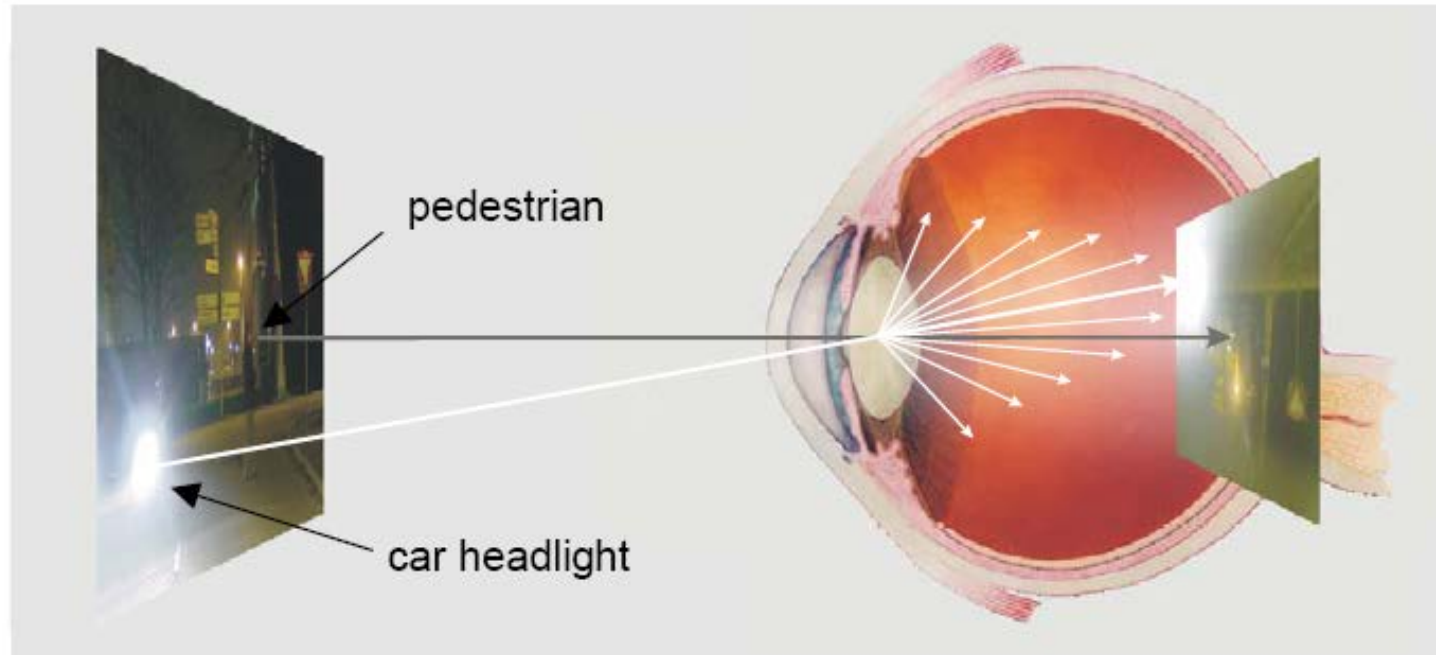


# Efecto de la difusión de luz

Pérdida de luminosidad y contraste cromático



# Efecto de la difusión de luz en la conducción



Conduciendo en presencia de deslumbramiento se reduce:  
el reconocimiento de objetos al lado de la carretera  
el juicio de la velocidad / distancia del tráfico

# Efecto sobre el contraste

Contraste sin  
deslumbramiento

$$C = \frac{L_0 - L_f}{L_f}$$

Contraste con  
deslumbramiento

$$C = \frac{(L_0 + L_v) - (L_f + L_v)}{L_f + L_v}$$

La luminancia del velo  
disminuye el contraste

$$C = \frac{L_0 - L_f}{L_f + L_v}$$

# Efecto del envejecimiento

**Luminancia del velo** equivalente y cambios asociados a la **edad** en la difusión intraocular (CIE)

$$L_v(\theta) = \frac{10.E_p}{\theta^2} \left[ 1 + \frac{edad^4}{70^4} \right]$$

- una persona de 70 años, incluso sin cataratas, tiene dos veces más deslumbramiento “velado” que una persona joven
- una persona de 80 años 2,7 veces más.

El desarrollo de cataratas aumenta más el deslumbramiento





# Efecto del envejecimiento

- Reducción del contraste debido a la fuente de deslumbramiento
  - Más marcado con la edad porque el contraste también disminuye debido al **envejecimiento del sistema neuronal**
  - Mayor en **niveles de iluminación bajos**. Algunos objetos se vuelven invisibles
- El deslumbramiento puede ser tan limitante que muchos mayores dejan de conducir voluntariamente durante el amanecer y atardecer (salida y puesta sol) y por la noche.

# Discapacidad por deslumbramiento

- Aumenta con la **edad**, incluso en ojos sano sin cataratas
- Mayor discapacidad cuando se desarrolla la **catarata**
- Alrededor del 90% de los sujetos de más de 75 años tienen alguna clase de cataratas



Es el deslumbramiento más relevante en la visión de las personas mayores por su efecto sobre la movilidad y seguridad

# Cataratas

## Principal causa de deslumbramiento

- Países desarrollados
  - Mucha gente no se opera hasta muy tarde
  - Discapacidad visual
- Disminución de la visión por deslumbramiento
  - Catarata nuclear
  - Catarata cortical
  - Catarata subcapsular posterior: desproporcionadamente mayor
- El deslumbramiento aumenta conforme la catarata avanza

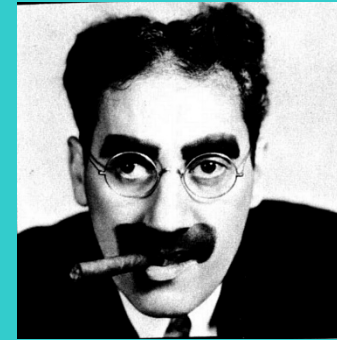
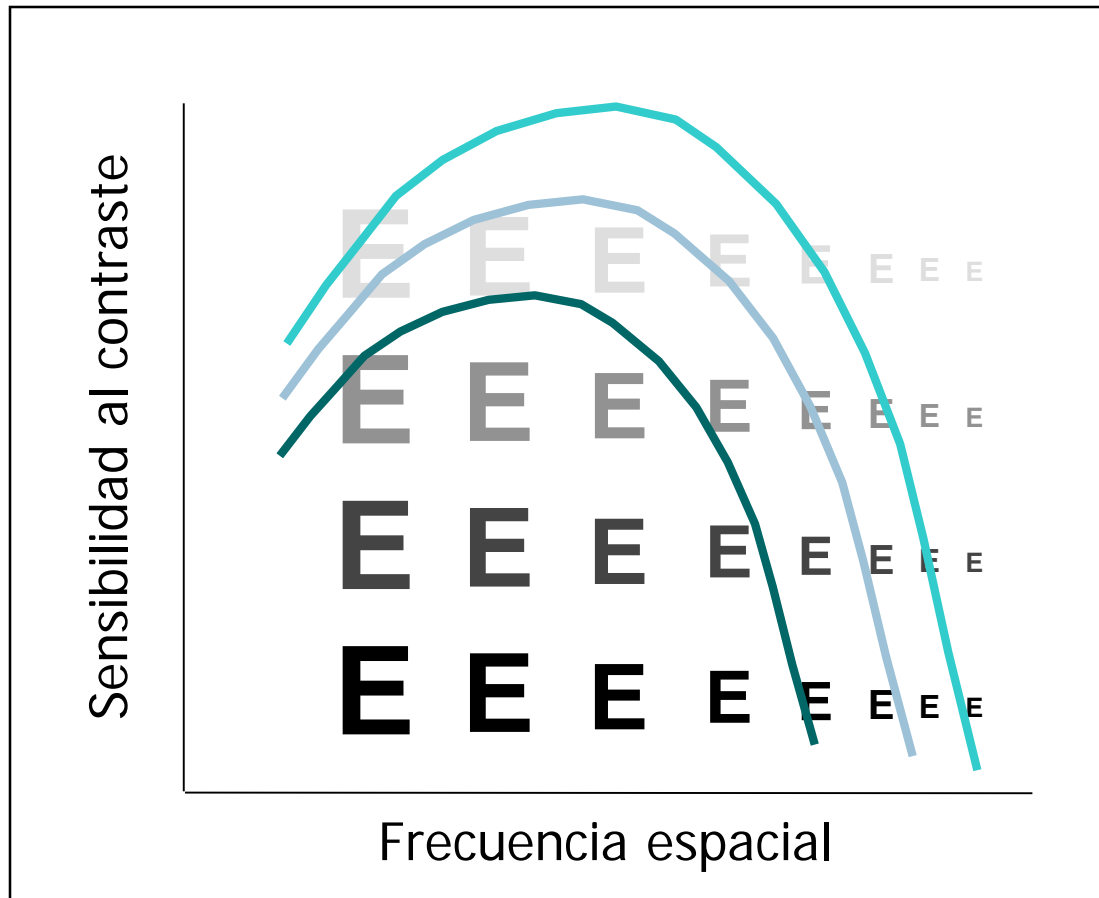
# Efecto de la difusión en la AV de alto contraste



Sorprendentemente poco

# Difusión de luz y CSF

Efecto sobre la sensibilidad al contraste



6/6



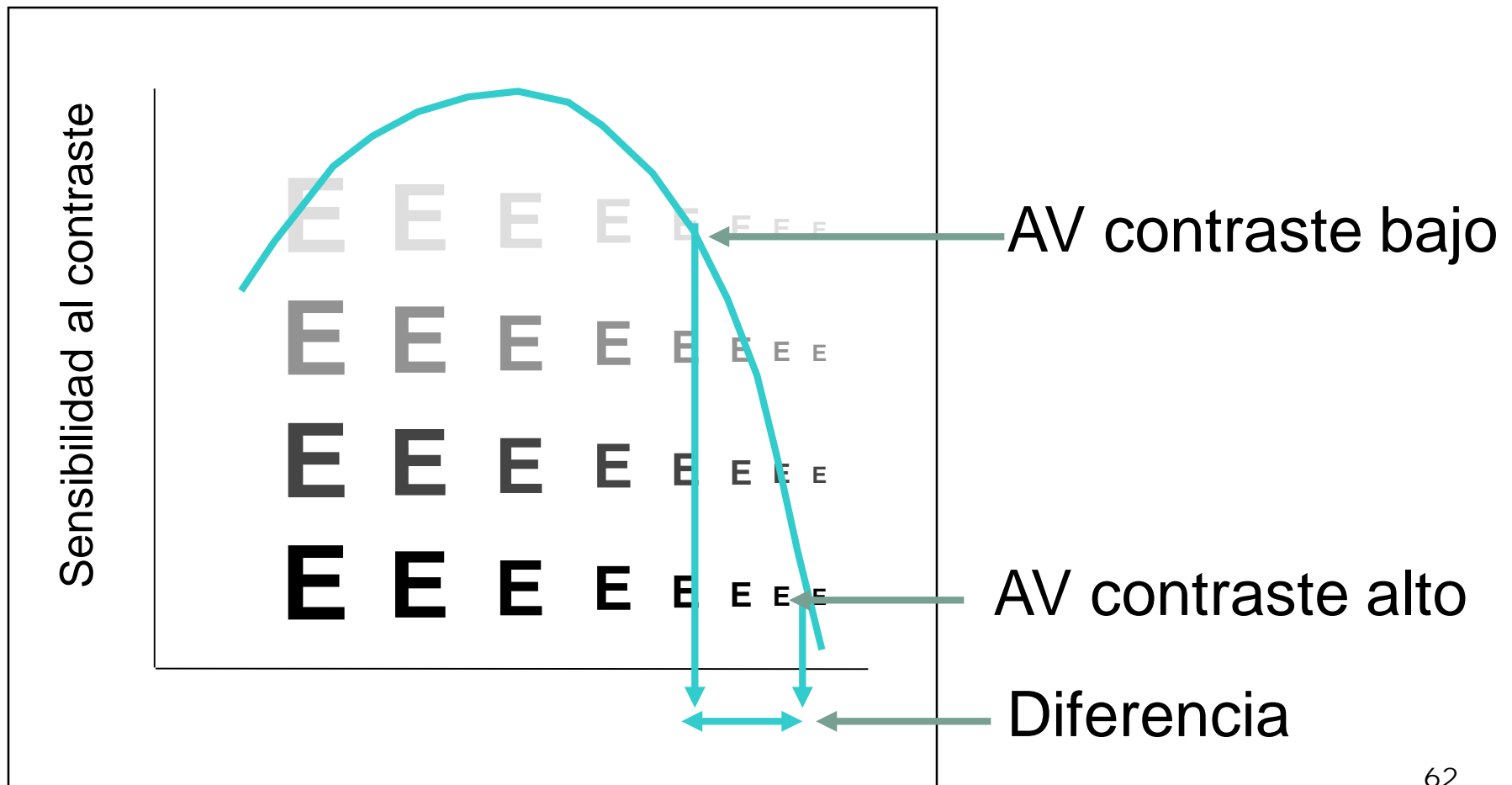
6/9



6/12

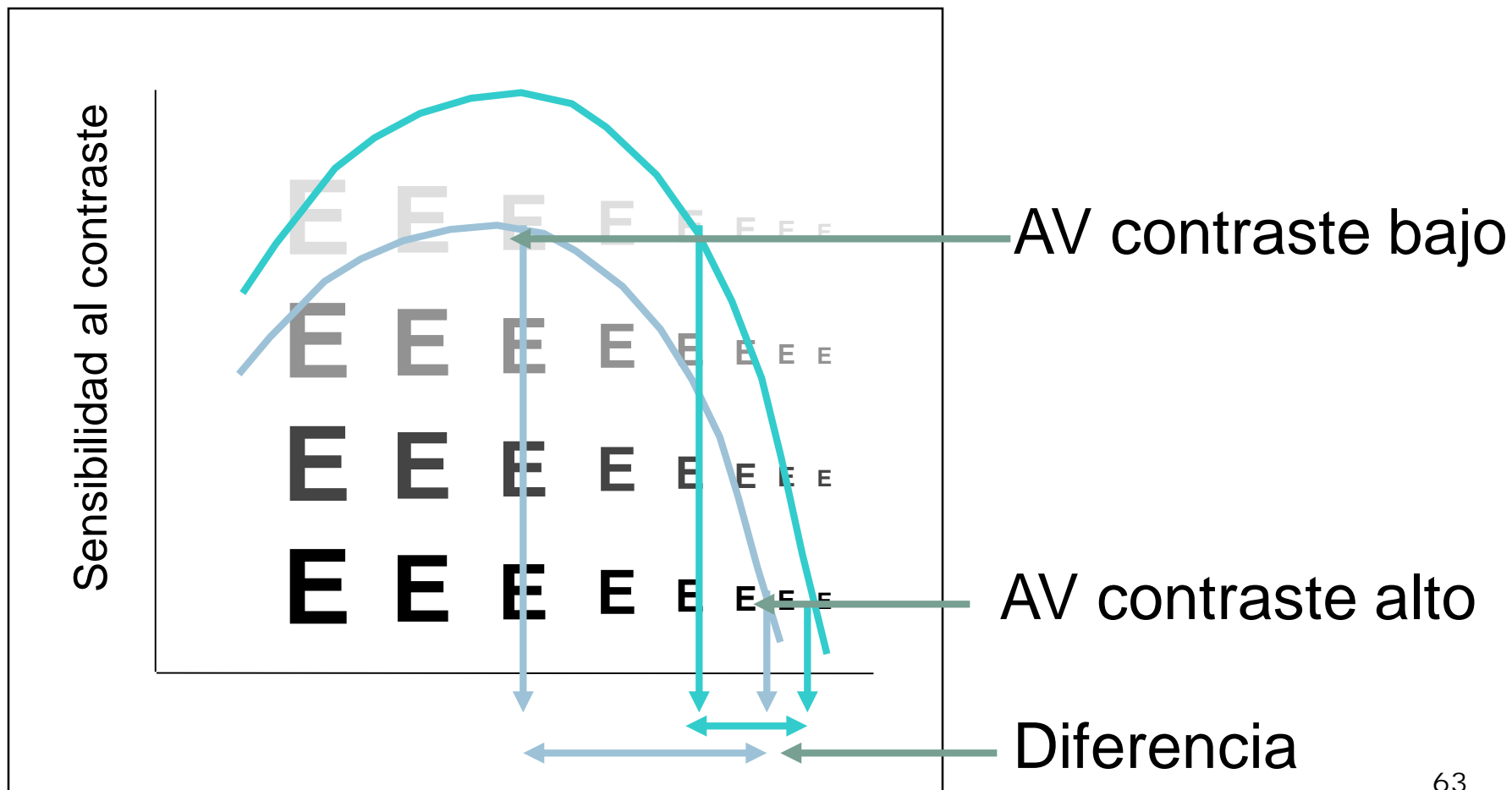
# Difusión y agudeza visual de bajo contraste

## AV de alto y bajo contraste



# Efecto de la difusión intraocular sobre la AV de alto y bajo contraste

La diferencia entre AV de alto y bajo contraste aumenta en pacientes con mayor dispersión de luz intraocular



# Medida de la discapacidad por deslumbramiento

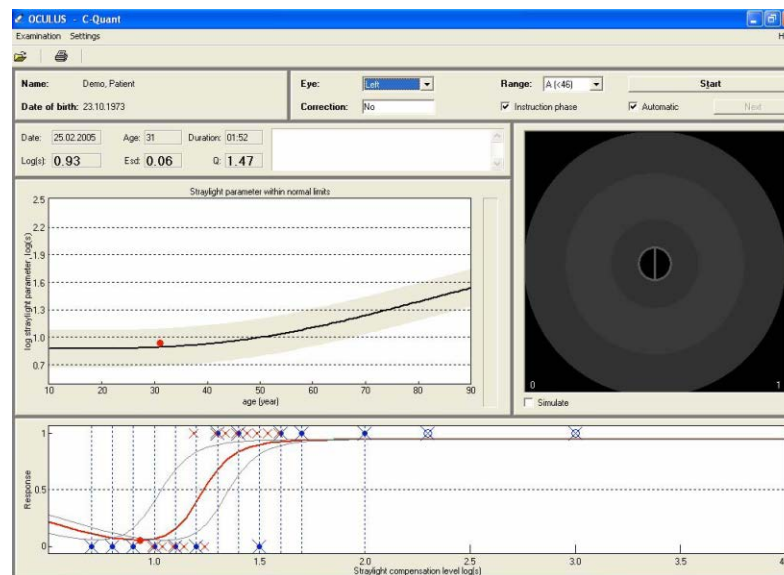
- Medida de la cantidad de difusión de luz intraocular
  - Medida de la luminancia del velo equivalente  $L_v$  a todos los ángulos visuales (cuantifica el scatter)

- Medida clínica

Se mide el efecto de una fuente de deslumbramiento periférica sobre la AV o la sensibilidad al contraste



# Cantidad de dispersión intraocular



C-Quant (Oculus)

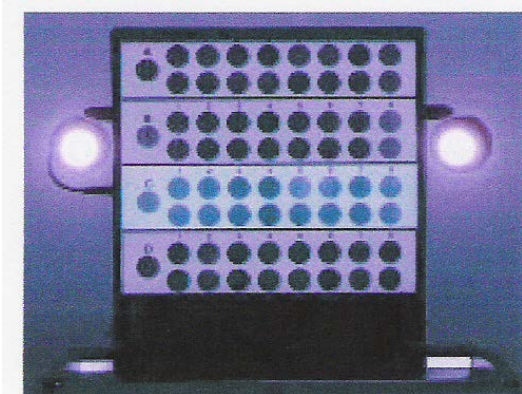
Mide la cantidad de difusión de luz intraocular

Método de medida: “comparación por compensación”

Medida de la dispersión, no la visión en presencia de dispersión

# Valoración clínica

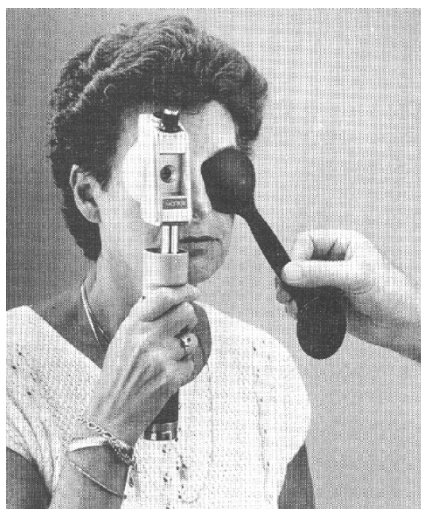
## Test CSV-1000 con deslumbramiento



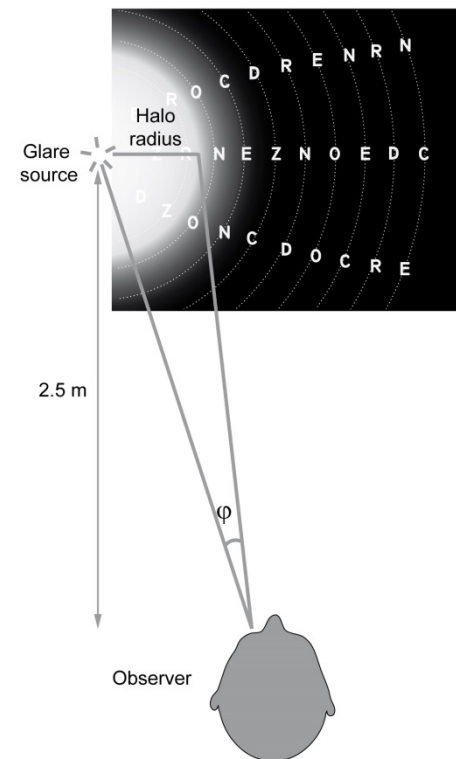
No hay un método estándar



## Brightness Acuity Tester



## Disco del halo



La mayoría de los métodos de examen existentes implican o una pupila contraída como resultado del “deslumbramiento” o una pupila farmacológicamente dilatada

# Valoración clínica

- Efecto de la dispersión hacia delante en la función visual: **índice de discapacidad por deslumbramiento**
  - Cantidad de sensibilidad de contraste (o agudeza visual) pérdida en presencia de una fuente de deslumbramiento
  - Diferencia entre los valores medidos con y sin la presencia de una fuente de deslumbramiento.
  - La AV de bajo contraste o la SC proporcionan una medida más sensible que la AV de alto contraste.

# Valoración clínica

## ■ Método simple

- ☐ Carta de optotipos
- ☐ Oftalmoscopio o linterna (30 cm, 30°)
- ☐ Con corrección óptica VL
- ☐ Un ojo ocluido
- ☐ Disminución de dos líneas o más de AV grado significativo de deslumbramiento





UNIVERSIDAD COMPLUTENSE  
MADRID

Muchas gracias